

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Offenlegungsschrift
10 DE 197 32 117 A 1

51 Int. Cl.⁸:
B60L 11/18
H 02 J 7/00
H 01 M 8/00
H 01 M 10/44

21 Aktenzeichen: 197 32 117.8
22 Anmeldetag: 25. 7. 97
43 Offenlegungstag: 29. 1. 98

DE 197 32 117 A 1

30 Unionspriorität:

8-215285 26.07.96 JP

71 Anmelder:

Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota-shi,
Aichi-ken, JP; Aisin AW Co., Ltd., Anjo, Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühlring, Kinne & Partner, 80336 München

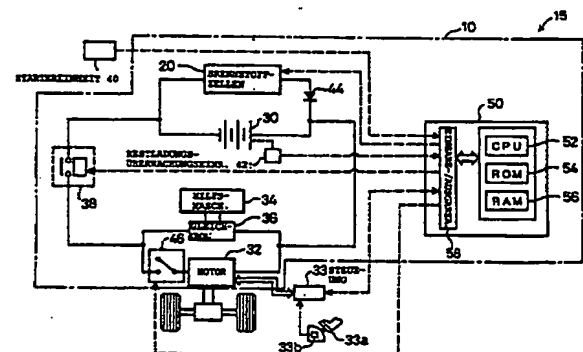
72 Erfinder:

Kimura, Yoshio, Okazaki, Aichi, JP; Nonobe,
Yasuhiro, Aichi, JP; Horiguchi, Munehisa, Sapporo,
Hokkai, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Energieversorgungssystem, elektrisches Fahrzeug mit daran angebrachtem Energieversorgungssystem und Verfahren zur Steuerung der Menge einer Brennstoffzufuhr

57 Ein Energieversorgungssystem (10) mit einem Brennstoffzellenstapel (20) und einer Speicherbatterie (30) weist eine Restladungsüberwachungseinrichtung (42) zum Messen der Restladung der Speicherbatterie (30) auf. Zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems (10) erfaßt die Restladungsüberwachungseinrichtung (42) die Restladung der Speicherbatterie (30). Das Energieversorgungssystem (10) schätzt den ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen (20) auf der Grundlage der beobachteten Restladung der Speicherbatterie (30) und eines für eine Hilfsmaschinerie (34) erforderlichen Betrags elektrischer Leistung und führt auf der Grundlage des geschätzten ausgegebenen elektrischen Stroms den Brennstoffzellen (20) erforderliche Gasmengen zu.



DE 197 32 117 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 97 702 065/829

28/25

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Energieversorgungssystem, ein elektrisches Fahrzeug, bei dem das Energieversorgungssystem angebracht ist, und ein Verfahren zur Steuerung der Menge einer Brennstoffzufuhr. Genauer betrifft die Erfindung eine Technik zur Steuerung der Menge der Brennstoffzufuhr für die Brennstoffzellen, die bei einem Energieversorgungssystem mit den Brennstoffzellen und einer Speicherbatterie enthalten sind.

Ein vorgeschlagenes Energieversorgungssystem weist Brennstoffzellen und Speicherbatterien als Energiequellen auf, wobei die Brennstoffzellen die Speicherbatterien aufladen und die auf einen ausreichenden Pegel aufgeladenen Speicherbatterien elektrische Leistung an eine Belastung (Last) abgeben (beispielsweise japanische Offenlegungsschrift No. 6-124720). Dieses Energieversorgungssystem weist eine Vielzahl von Speicherbatterien auf, von denen eine mit der Belastung verbunden ist, während eine andere mit den Brennstoffzellen verbunden ist. Die Speicherbatterie mit geringerer Restladung wird durch die Brennstoffzellen aufgeladen, während die andere Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgibt. Dieser Aufbau gewährleistet einen ausreichenden Aufladungszustand der mit der Belastung verbundenen Speicherbatterie, wodurch an die Belastung wie einen Antriebsmotor eines elektrischen Fahrzeugs stabil elektrische Leistung abgegeben wird.

Da das vorgeschlagene Energieversorgungssystem eine Vielzahl von Speicherbatterien aufweist, ist jedoch ein relativ großer Raum zum Einbau des Energieversorgungssystems erforderlich. Insbesondere verringert bei Verwendung des Energieversorgungssystems bei einem Fahrzeug als Energiequelle für einen Motor zum Antrieb des Fahrzeugs das relativ sperrige Energieversorgungssystem in dem beschränkten Raum eines Fahrzeugs unerwünscht den Freiheitsgrad bei dem Entwurf des Fahrzeugs. Zu jedem Zeitpunkt ist jeweils nur eine Speicherbatterie mit der Belastung verbunden. Somit ist es erforderlich, daß jede der Speicherbatterien eine Toleranzkapazität bzw. eine Kapazität mit einem Spielraum aufweist, um ausreichende Ausgangsleistungen in dem Fall beispielsweise eines abrupten Anstiegs bei der Last zum Zeitpunkt des Startens des Fahrzeugs oder des Aufwärtsfahrens einer Schräge zu gewährleisten. Der Anstieg bei der Kapazität der Speicherbatterie führt jedoch zu einem Anstieg des Gewichts. In einigen Fällen ist es deshalb unmöglich, eine Vielzahl von Speicherbatterien mit einer ausreichenden Kapazität an dem Fahrzeug anzubringen.

Zur Verringerung der Größe des herkömmlichen Energieversorgungssystems ist ein verbesserter Aufbau vorgeschlagen worden, der eine Vielzahl von Speicherbatterien aufweist und ermöglicht, daß die Speicherbatterien umgeschaltet werden können und abwechselnd elektrische Leistung der Belastung zuführen können. Dieser verbesserte Aufbau weist Brennstoffzellen und eine Speicherbatterie auf, die parallel zueinander geschaltet sind, und ermöglicht, daß zumindest entweder die Brennstoffzellen oder die Speicherbatterie der Belastung Leistung zuführen. In dem Fall, daß die Belastung kleiner als ein vorbestimmter Pegel ist und die Brennstoffzellen eine Toleranzausgangsleistung aufweisen, können die Brennstoffzellen die Speicherbatterie bei Antrieb der Belastung aufladen. In dem Fall, daß die Belastung größer als ein vorbestimmter Pegel ist, arbei-

ten sowohl die Brennstoffzelle als auch die Speicherbatterie zum Antrieb der Belastung. Dieser Aufbau verringert die erforderliche Kapazität für die Speicherbatterie, wodurch die Größe des Energieversorgungssystems verringert wird.

Bei dem Energieversorgungssystem dieses Aufbaus, der eine Verringerung der Größe ermöglicht, kann jedoch eine Aufladungsbedingung (aufladende Bedingung) der Speicherbatterie eine Verknappung der den Brennstoffzellen zugeführten Gasen verursachen, was zu verschiedenen Problemen führt. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 in dem unzureichenden Aufladungszustand ist, wird erwartet, daß die Brennstoffzellen die Speicherbatterie während des Antriebs der Belastung aufladen. Wenn keine ausreichende Gasmengen entsprechend der Ausgangsleistung aus den Brennstoffzellen zu der Speicherbatterie den Brennstoffzellen zugeführt werden, treten einige Probleme bei dem Energieerzeugungsvorgang in den Brennstoffzellen auf.

In dem Fall, daß die den Brennstoffzellen zugeführten Gasmengen für die erforderliche Leistung der Brennstoffzellen unzureichend sind, kann beispielsweise ein Spannungsabfall in den Brennstoffzellen derart entstehen, daß deren Funktion als Energiequelle beschädigt wird. In dem Fall, daß die den Brennstoffzellen zugeführten Gasmengen unzureichend für die Größe der angeschlossenen Belastung ist, verursacht dies sowohl einen Spannungsabfall als auch eine ungleichmäßige Energieerzeugung in den jeweiligen den Brennstoffzellenstapel bildenden Einheitszellen, was zu einem anormalen Phänomen wie ein Polwechsel bei einem Teil der Einheitszellen führt. Der Polwechsel ist ein Phänomen, das die Anode und die Kathode bei den Zellenreaktionen vertauscht. Ein derartiges anormales Phänomen führt zu einer instabilen Spannung und verursacht, daß nicht in elektrische Energie umgewandelte Energie als Wärmeenergie freigesetzt wird und teilweise die Temperatur der Brennstoffzellen erhöht wird. Dieser teilweise Temperaturanstieg beschädigt die Elemente der Brennstoffzellen und verkürzt die Lebensdauer der Brennstoffzellen.

Eine mögliche Verknappung der Gase in den Brennstoffzellen aufgrund eines unzureichenden Aufladungszustands der Speicherbatterie ist insbesondere zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems ein wesentliches Problem. Es sei angenommen, daß das Energieversorgungssystem den Betrieb stoppt, während die Speicherbatterie eine unzureichende Restladung aufweist. Zum Zeitpunkt eines nächsten Starts des Energieversorgungssystems müssen die Brennstoffzellen eine Abgabe elektrischer Leistung an die Speicherbatterie 30 gleichzeitig mit dem Beginn eines Aufwärmens bzw. eines Aufwärmvorgangs starten. Eine Zufuhr lediglich der erforderlichen Gasmengen für den Aufwärmvorgang verursacht eine Verknappung der Gase in den Brennstoffzellen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Verknappung der Zufuhr von den Brennstoffzellen zugeführten Gasen zu verhindern, die Probleme wie einen Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe verursachen. Dabei soll ein Energieversorgungssystem, ein elektrisches Fahrzeug, bei dem ein derartiges Energieversorgungssystem angebracht ist und ein Verfahren zur Steuerung der Menge der Brennstoffzufuhr geschaffen werden, die die vorstehend beschriebenen Aufgaben lösen.

Diese Aufgabe wird durch die in den beigefügten Patentansprüchen angegebenen Maßnahmen gelöst.

Zumindest ein Teil der vorstehenden Aufgabe sowie verwandter Ziele wird durch ein erstes Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie gelöst, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben. Das erste Energieversorgungssystem weist eine Restladungsüberwachungseinrichtung zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie, eine Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer Gesamtgröße der Belastung, eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung und der Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung, eine Brennstoffmengen-zufuhr-Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung einer erforderlichen Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in dem Brennstoffzellenstapel auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie und eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengen-zufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel auf.

Das erste Energieversorgungssystem der Erfindung bestimmt die erforderliche Menge eines Brennstoffs auf der Grundlage des geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie und führt die erforderliche Menge des Brennstoffs den Brennstoffzellen zu. Dieser Aufbau verhindert wirksam die Verknappung des Brennstoffs in den Brennstoffzellen, die Probleme wie einen Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe verursachen kann. In dem Fall, daß die Menge des den Brennstoffzellen zugeführten Brennstoffs lediglich der Größe der angeschlossenen Belastung entspricht, besteht die Gefahr einer Verknappung des Brennstoffs in den die Speicherbatterie aufladenden Brennstoffzellen. Der erfindungsgemäße Aufbau bestimmt jedoch die erforderliche Brennstoffmenge unter Berücksichtigung des Aufladungszustands der Speicherbatterie, wodurch ermöglicht wird, daß die ausreichende Brennstoffmenge den Brennstoffzellen zugeführt wird, die dementsprechend die elektrische Leistung sowohl an die Belastung als auch an die Speicherbatterie abgeben können.

Das erste Energieversorgungssystem bestimmt die Menge des Brennstoffs, die die Brennstoffzellen zur Ausgabe eines vorbestimmten Betrags elektrischer Leistung benötigen, auf der Grundlage der Größe der angeschlossenen Belastung und dem Aufladungs-/Entladungszustand der Speicherbatterie. Dieser Aufbau verhindert wirksam, daß übermäßige Mengen von Gas unnötig den Brennstoffzellen zugeführt werden. Wenn die Speicherbatterie sich in einer Entladungsbedingung (entladenden Bedingung) befindet, wird die Größe der elektrischen Leistung, die die Brennstoffzellen der Belastung zuführen sollen, kleiner als die Größe der Belastung. In diesem Fall bestimmt der Aufbau der Erfindung die Menge des den Brennstoffzellen zuzuführenden Brennstoffs unter Berücksichtigung des Entladungszustands der Speicherbatterie, wodurch verhindert wird, daß eine übermäßige Brennstoffmenge unnötig den Brennstoffzellen zugeführt wird.

Der zur Energieerzeugung in den Brennstoffzellen erforderliche Brennstoff stellt Gase (oder in einigen Fäl-

len Flüssigkeiten) dar, die den Kathoden und den Anoden der Brennstoffzellen für die in den Brennstoffzellen voranschreitenden elektrochemischen Reaktionen zugeführt werden. Konkrete Beispiele der Gase schließen einen den Kathoden der Brennstoffzellen zugeführten gasförmigen Brennstoff und ein den Anoden der Brennstoffzellen zugeführtes oxidierendes Gas ein. Der gasförmige Brennstoff kann gasförmiger Wasserstoff mit hoher Reinheit oder ein durch Reformierung eines unverarbeiteten Brennstoff aus Kohlenwasserstoff erhaltenes wasserstoffreiches Gas sein. Das oxidierende Gas kann die Luft sein. Der Aufbau der Erfindung verschwendet keinen den Brennstoffzellen zugeführten Brennstoff, weshalb verhindert wird, daß der gasförmige Brennstoff (oder der unverarbeitete Brennstoff zur Herstellung des gasförmigen Brennstoffs) unnötig den Brennstoffzellen zugeführt wird, oder daß die elektrische Leistung unnötig durch einen Luftkompressor aufgenommen wird, der den Brennstoffzellen die komprimierte Luft zuführt.

Die vorstehend beschriebenen Aufgabe und andere verwandte Ziele können ebenfalls durch ein zweites Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie gelöst werden, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben. Das zweite Energieversorgungssystem weist eine Restladungsüberwachungseinrichtung zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie, eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems auf der Grundlage einer vorbestimmten Belastungsgröße, die die durch eine beim Start des Energieversorgungssystems angetriebene Maschinerie aufgenommene elektrische Leistung darstellt, aus der Belastung und dem Ergebnis der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung, eine Brennstoffmengen-zufuhr-Bestimmungseinrichtung, die, zumindest wenn die Speicherbatterie sich in einer Aufladungsbedingung befindet, eine erforderliche Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in den Brennstoffzellenstapel auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie bestimmt, und eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengen-zufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel auf.

Das zweite Energieversorgungssystem gemäß der Erfindung schätzt den Aufladungs-/Entladungszustand der Speicherbatterie und bestimmt die den Brennstoffzellen zum Startzeitpunkt des Energieversorgungssystems zugeführte Brennstoffmenge auf der Grundlage des geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie. Dieser Aufbau verhindert wirksam die Verknappung des Brennstoffs in den Brennstoffzellen, die Probleme wie einen Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems verursachen kann.

Die Erfindung ist ebenfalls auf ein elektrisches Fahrzeug mit einem durch elektrische Energie in Drehung versetzten Motor und Einrichtungen zur Übertragung eines Drehmoments des Motors auf eine Achse gerichtet, wodurch eine Antriebskraft für das Fahrzeug erzeugt wird. Bei dem elektrischen Fahrzeug ist entweder

das erste Energieversorgungssystem oder das zweite Energieversorgungssystem angebracht, wobei der Motor durch Aufnahme von elektrischer Leistung aus dem angewendeten Energieversorgungssystem angetrieben wird.

Bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, ist die Erfindung auf ein erstes Verfahren zur Steuerung einer Menge eines dem Brennstoffstapel zur Energieerzeugung zugeführten Brennstoffs gerichtet. Das erste Verfahren weist die Schritte

- (a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie,
- (b) Erfassen einer Gesamtgröße der Belastung,
- (c) Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie auf der Grundlage der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung und der bei dem Schritt (b) erfaßten Gesamtgröße der Belastung,
- (d) Bestimmen einer erforderlichen Menge des Brennstoffs zur Energieerzeugung in den Brennstoffzellen auf der Grundlage des bei dem Schritt (c) geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie und
- (e) Zuführen der erforderlichen bei dem Schritt (d) bestimmten Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel auf.

Bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, ist die Erfindung ebenfalls auf ein zweites Verfahren zur Steuerung einer Menge eines dem Brennstoffstapel zur Energieerzeugung zugeführten Brennstoffs gerichtet. Das zweite Verfahren weist die Schritte

- (a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie,
- (b) Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie zum Startzeitpunkt des Energieversorgungssystems auf der Grundlage einer vorbestimmten Belastungsgröße, die eine durch eine zum Startzeitpunkt des Energieversorgungssystems angetriebenen Maschine aufgenommene Leistung entspricht, aus der Belastung und der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung,
- (c) Bestimmen einer erforderlichen Menge des Brennstoffs zur Energieerzeugung in den Brennstoffzellen auf der Grundlage des bei dem Schritt (b) geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie, zumindest wenn sich die Speicherbatterie in einer Aufladungsbedingung befindet, und
- (d) Zuführen der erforderlichen bei dem Schritt (c) bestimmten Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel auf.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das den Aufbau eines elektrischen Fahrzeugs 15 mit einem Energieversorgungssystem 10 als erstes Ausführungsbeispiel darstellt,

Fig. 2 eine Querschnittansicht, die schematisch den Aufbau einer Einheitszelle 28 bei Brennstoffzellen 20 veranschaulicht,

Fig. 3 ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Brennstoffzelleneinheit 60 veranschaulicht,

Fig. 4 ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen 20 und einer Speicherbatterie 30 in einem ausreichenden Aufladungszustand und in einem unzureichenden Aufladungszustand darstellt,

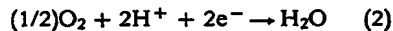
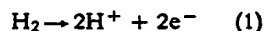
Fig. 5 ein Flußdiagramm, das eine Startzeitpunkt-Verarbeitungsroutine zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel darstellt,

Fig. 6 ein Flußdiagramm, das eine während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 ausgeführte Verarbeitungsroutine bei Betrieb als zweites Ausführungsbeispiel darstellt, und

Fig. 7 ein Flußdiagramm, das eine andere während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 ausgeführte Verarbeitungsroutine bei Betrieb als zweite Ausführungsbeispiel darstellt.

Nachstehend sind einige bevorzugte Ausführungsbeispiele zur Verdeutlichung der Aufbauten und Funktionen beschrieben. Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild, das schematisch den Aufbau eines elektrischen Fahrzeugs 15 mit einem Energieversorgungssystem 10 als erstes Ausführungsbeispiel darstellt. Das an dem elektrischen Fahrzeug 15 befestigte Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel arbeitet als Energiequelle zum Antrieb des Fahrzeugs 15. Das Energieversorgungssystem 10 weist hauptsächlich Brennstoffzellen 20, eine Speicherbatterie 30, einen Motor 32 zum Antrieb des Fahrzeugs, eine Hilfsmaschinerie 34, einen Gleichumrichter (DC/DC-Wandler) 36, ein erstes Relais 38, eine Startereinheit 40, eine Restladungsüberwachungseinrichtung 42, ein zweites Relais 46 sowie eine Steuerungseinheit 50 auf. Nachstehend sind die das bei dem elektrischen Fahrzeug 15 enthaltene Energieversorgungssystem 10 betreffenden Bestandteile beschrieben.

Die Brennstoffzellen 20 sind Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen, die als ein Stapel mehrerer Einheitszellen 28 aufgebaut sind. Die Brennstoffzellen 20 empfangen eine Zufuhr eines wasserstoffhaltigen gasförmigen Brennstoffs an der Kathodenseite und eine Zufuhr eines sauerstoffhaltigen oxidierenden Gases auf der Anodenseite und erzeugen eine elektromotorische Kraft durch die nachstehend beschriebenen elektrochemischen Reaktionen.



Die Gleichungen (1), (2) und (3) bezeichnen jeweils eine an den Kathoden auftretende Reaktion, eine an den Anoden auftretende Reaktion und eine in den gesamten Brennstoffzellen 20 auftretende Gesamtreaktion. Fig. 2 zeigt eine Querschnittansicht, die den Aufbau jeder Einheitszelle 28 in dem Brennstoffzellenstapel 20 darstellt. Die Einheitszelle 28 weist eine Elektrolyt-Membran 21, eine Anode 22, eine Kathode 23 sowie Trenner 24 und 25 auf.

Die Anode 22 und die Kathode 23 sind zum Aufbau einer sandwichartigen Struktur bzw. Schichtstruktur über der Elektrolyt-Membran 21 angeordnete Gasdiffu-

sionselektroden. Die Trenner 24 und 25 sind außerhalb der Schichtstruktur angeordnet und jeweils mit der Anode 22 und der Kathode 23 zur Ausbildung von Strömungswegen für den gasförmigen Brennstoff und das oxidierende Gas verbunden. Die Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs sind durch die Anode 22 und den Trenner 24 abgegrenzt, wohingegen die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases durch die Kathode 23 und den Trenner 25 abgegrenzt sind. Obwohl die Trenner 24 und 25 jeweils Strömungswege auf einer einzigen Seitenoberfläche gemäß der Darstellung in Fig. 2 ausbilden, sind bei dem wirklichen Zustand auf jeder Seitenoberfläche jedes Trenners Rippen vorgesehen. Eine Seitenoberfläche jedes Trenners in Kombination mit der Anode 22 bildet nämlich Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs aus, während die andere Seitenoberfläche in Kombination mit der Kathode 23 einer benachbarten Einheitszelle die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases ausbildet. Auf diese Weise sind die Trenner 24 und 25 mit den Gasdiffusionselektroden zur Abgrenzung von Strömungswegen und zur Trennung der Strömung des gasförmigen Brennstoffs von der Strömung des oxidierenden Gases zwischen benachbarten Einheitszellen verbunden. Bei der Verarbeitung des Aufeinanderlegens einer Anzahl von Einheitszellen 28 zur Ausbildung einer Stapelstruktur können die an beiden Enden der Stapelstruktur angeordneten Trenner Rippen auf lediglich der einzigen Seitenoberfläche aufweisen, die die Gasdiffusionselektroden berühren.

Die Elektrolyt-Membran 21 ist eine protonenleitende Ionen-Austauschmembran, die aus einem Polymer-Material wie Fluorharz besteht, und zeigt eine hervorragende elektrische Leitfähigkeit im feuchten Zustand. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist eine (von du Pont hergestellte) Nafion-Membran für die Elektrolyt-Membran 21 angewendet. Die Oberfläche der Elektrolyt-Membran 21 ist mit Platin oder einer platinhaltigen Legierung bedeckt, die als Katalysator dienen. Bei der gemäß diesem Ausführungsbeispiel angewandten Technik zum Anbringen des Katalysators wird Kohlenstoffpulver mit darauf getragenen Platin oder einer platinhaltigen Legierung vorbereitet, das den Katalysator tragende Kohlenstoffpulver in einem geeigneten organischen Lösungsmittel löst, eine bestimmte Menge einer elektrolytischen Lösung (beispielsweise eine von Aldrich Chemical Corp. hergestellte Nafion-Lösung) zu der Zersetzung (dispersion) zur Ausbildung einer Paste hinzugegeben und wird die Paste auf der Elektrolyt-Membran 21 siebgedruckt. Bei einer anderen erhältlichen Technik wird die Paste, die das den Katalysator tragende Kohlenstoffpulver enthält, zu einer dünnen Platte geformt und die Platte auf die Elektrolyt-Membran 21 gepreßt. Obwohl der platinhaltige Katalysator gemäß diesem Ausführungsbeispiel auf der Elektrolyt-Membran 21 aufgebracht ist, kann der Katalysator auf der Anode 22 und der Kathode 23 aufgebracht sein, die die Elektrolyt-Membran 21 berühren.

Die Anode 22 und die Kathode 23 sind aus einem Kohlenstoffgewebe hergestellt, das aus aus Kohlenstoffasern bestehenden Garnen gewebt ist. Obwohl die Anode 22 und die Kathode 23 gemäß diesem Ausführungsbeispiel aus dem Kohlenstoffgewebe bestehen, kann Kohlenstoffpapier oder ein aus Kohlenstoffasern bestehender Kohlenstofffilz vorteilhaft für das Material der Anode 22 und der Kathode 23 angewendet werden.

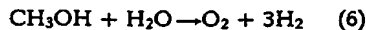
Die Trenner 24 und 25 sind aus einem gasundurchlässigen leitenden Material wie beispielsweise einem durch

Komprimieren von Kohlenstoff erhaltenen gasundurchlässigen, dichten Kohlenstoff hergestellt. Jeder der Trenner 24 und 25 weist eine Vielzahl von parallel und an beiden Seitenoberflächen davon ausgebildeten Rippen auf. Wie vorstehend beschrieben, ist jeder Trenner mit der Oberfläche der Anode 22 zur Abgrenzung der Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs und mit der Oberfläche der Kathode 23 der benachbarten Einheitszelle zur Abgrenzung der Strömungswege 25P des oxidierenden Gases kombiniert. Entsprechend einer anderen möglichen Struktur können die an einer Seitenoberfläche jedes Trenners ausgebildeten Rippen senkrecht oder mit einem bestimmten Winkel zu den auf der anderen Seitenoberfläche des Trenners ausgebildeten angeordnet sein. So lange der gasförmige Brennstoff und das oxidierende Gas den Gasdiffusionselektroden zugeführt werden können, können die Rippen als nicht parallele Rillen ausgebildet sein.

Wie vorstehend beschrieben weist jede Einheitszelle 28, bei der es sich um den Grundaufbau der Brennstoffzellen 20 handelt, den Trenner 24, die Anode 22, die Elektrolyt-Membran 21, die Kathode 23 und den Trenner 25 auf, die in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Der Brennstoffzellenstapel 20 wird durch Stapeln von mehreren Sätzen von derartigen Einheitszellen 28 (gemäß diesem Ausführungsbeispiel 100) und Einsetzen von (nicht gezeigten) aus dichten Kohlenstoff oder Kupferplatten hergestellten Stromsammelplatten an beiden Enden der Stapelstruktur erhalten.

Obwohl bei der Darstellung in dem Blockschaltbild gemäß Fig. 1 nicht dargestellt, sind außer den Brennstoffzellen der Stapelstruktur zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels der Brennstoffzellen weitere Peripherieeinrichtungen erforderlich. Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Brennstoffzelleneinheit 60 mit dem Brennstoffzellenstapel 20 und Peripherieeinrichtungen darstellt. Die Brennstoffzelleneinheit 60 weist hauptsächlich den Brennstoffzellenstapel 20, einen Methanoltank 61, einen Wassertank 62, einen Reformer 64 und einen Luftkompressor 66 auf.

Der Reformer 64 wird jeweils aus dem Methanoltank 61 und dem Wassertank 62 mit Methanol bzw. Wasser versorgt. Der Reformer reformiert die Methanol zufuhr, die als unverarbeiteten Brennstoff zugeführt wurde, durch Dampfreformierung (steam reforming) zur Erzeugung eines wasserstoffreichen gasförmigen Brennstoffs. In dem Reformer 64 tritt eine durch die nachstehend beschriebenen Gleichungen beschriebene Reformierungsreaktion auf.



Die durch die Gleichung (4) ausgedrückte Zersetzungsreaktion von Methanol schreitet gleichzeitig mit der durch die Gleichung (5) ausgedrückte Reformierungsreaktion von Kohlenstoffmonoxid derart voran, daß die Reaktion der Gleichung (6) als die Gesamt-Reformierungsreaktion von Methanol in dem Reformer 64 auftritt. Diese Reformierungsreaktion ist insgesamt endotherm. Ein durch den Reformer erzeugter wasserstoffreicher gasförmiger Brennstoff wird über einen Brennstoffzufuhrkanal 68 dem Brennstoffzellenstapel 20 zugeführt, in die Strömungswege 24P des gasförmigen Brennstoffs in den in dem Brennstoffzellenstapel 20

enthaltenen Einheitszellen 28 geleitet und bei den Anoden 22 der Zellenreaktion ausgesetzt. Die bei den Anoden 22 auftretende Reaktion ist durch die vorstehend gegebene Gleichung (1) ausgedrückt. Hinsichtlich der Zufuhr einer erforderlichen Wassermenge und der Verhinderung, daß die Elektrolyt-Membran 21 austrocknet, kann in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 ein Befeuchter angeordnet sein. Bei diesem Aufbau wird der befeuchtete gasförmige Brennstoff den Brennstoffzellen 20 zugeführt.

Der Luftkompressor 66 nimmt Luft auf und komprimiert diese und führt den Brennstoffzellen 20 komprimierte Luft zu. Die durch den Luftkompressor 66 aufgenommene und komprimierte Luft wird den Brennstoffzellen 20 über einen Luftzufuhrkanal 69 zugeführt, jeweils in die Strömungswege 25P des oxidierenden Gases in den in dem Brennstoffzellenstapel 20 enthaltenen Einheitszelle 28 geleitet und bei den Kathoden 23 der Zellenreaktion unterzogen. In den Brennstoffzellen steigt die Reaktionsgeschwindigkeit allgemein mit einem Anstieg der sowohl den Anoden als auch den Kathoden zugeführten Gasen an. Dies verbessert die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellen. Deshalb wird die den Kathoden 23 zugeführte Luft durch den Luftkompressor 66 komprimiert. Der Druck des den Anoden 22 zugeführten gasförmigen Brennstoffs kann leicht durch Steuerung des Ein-/Auszustandes eines magnetspulenbetriebenen Ventils einer in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 angeordneten (nicht gezeigten) Massenströmungssteuerungseinrichtung gesteuert werden.

Das Abgas des gasförmigen Brennstoff nach der Zellreaktion an den Anoden 22 in den Brennstoffzellen 20 und der Teil der durch den Luftkompressor 66 komprimierten Luft werden dem Reformier 64 zugeführt. Wie vorstehend beschrieben, ist die in dem Reformier 64 auftretende Reformierungsreaktion insgesamt endotherm und erfordert eine Zufuhr von Wärme von außerhalb.

Ein (nicht gezeigter) Brenner zum Heizen ist somit an dem Reformier 64 angeordnet. Das Abgas des gasförmigen Brennstoffs und der komprimierten Luft werden zur Verbrennung in dem Brenner verwendet. Das Abgas des aus den Kathoden 23 der Brennstoffzellen 20 ausgestoßenen gasförmigen Brennstoffs werden über einen Brennstoffabgaskanal 71 in den Reformier 64 geleitet, wohingegen die komprimierte Luft über eine Luftwegverzweigung 70, die von dem Luftzufuhrkanal 69 abzweigt, zu dem Reformier 64 geleitet wird. In dem Abgas des gasförmigen Brennstoffs verbleibender Wasserstoff und Sauerstoff in der komprimierten Luft werden zur Verbrennung des Brenners verwendet, damit für die Reformierungsreaktion die erforderliche Wärmemenge zugeführt wird.

Die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen 20 wird durch Steuerung der Strömungen des gasförmigen Brennstoffs und des oxidierenden Gases entsprechend der Größe einer angeschlossenen Belastung gesteuert. Die Steuerung der Ausgangsleistung wird durch die Steuerungseinheit 50 durchgeführt. Die Steuerungseinheit 50 gibt Ansteuersignale an den Luftkompressor 66 und der in dem Brennstoffzufuhrkanal 68 angeordneten Massenströmungssteuerungseinrichtung zur Justierung der Antriebsstärke und deren Ein-/Auszustandes aus. Eine derartige Justierung steuert die Strömungen der den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gase, wodurch die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen 20 entsprechend der Größe der Belastung gewährleistet wird. Obwohl Ausgangssignale der Steuerungseinheit 50 in die Brennstoffzellen 20 gemäß Fig. 1 eingegeben werden, werden

diese Ausgangssignale tatsächlich in die vorstehend beschriebenen Elemente der Brennstoffzelleneinheit 60 eingegeben, die die Steuerung von Gasströmungen betreffen.

Die Speicherbatterie 30 arbeitet zusammen mit den Brennstoffzellen 20 als Energiequelle zur Abgabe elektrischer Leistung an den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Speicherbatterie 30 ein Bleisäureakkumulator, obwohl andere Sekundärbatterien wie ein Nickel-Kadmiumakkumulator, ein Nickel-Wasserstoffakkumulator und eine sekundäre Lithiumbatterie ebenfalls anwendbar sind. Die Kapazität der Speicherbatterie 30 wird entsprechend dem erwarteten Antriebszustand des elektrischen Fahrzeugs 15 mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10, das heißt der Größe der erwarteten Belastung, und der Kapazität der parallel zu der Speicherbatterie 30 angeordneten Brennstoffzellen 20 bestimmt.

Der Motor 32 nimmt elektrische Leistung aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 auf und erzeugt ein Antriebsmoment. Das Antriebsmoment wird auf die Vorderräder und/oder Hinterräder über eine Achse des Fahrzeugs übertragen, bei dem das Energieversorgungssystem 10 angebracht ist, und dient als Kraft zum Antrieb des Fahrzeugs. Der Motor 32 wird durch eine Steuerungseinrichtung 33 gesteuert. Die Steuerungseinrichtung 33 ist außerdem mit einem Beschleunigungspedalpositionssensor 33b zur Erfassung der Stärke des Durchtretens eines Beschleunigungspedals 33a verbunden. Die Steuerungseinrichtung 33 ist weiterhin mit der Steuerungseinheit 50 verbunden und überträgt verschiedene Informationsteile beispielsweise hinsichtlich des Betriebs des Motors 32 zu und aus der Steuerungseinheit 50.

Die Hilfsmaschinerie 34 ist eine Belastung, die während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich aufnimmt. Die Hilfsmaschinerie 34 weist beispielsweise den Luftkompressor 66, die Massenströmungssteuerungseinrichtung und eine Wasserpumpe auf. Der Luftkompressor 66 steuert wie vorstehend beschrieben den Druck des den Brennstoffzellen 20 zugeführten oxidierenden Gases. Die Wasserpumpe läßt das Kühlwasser und Druck durch die Brennstoffzellen 20 zirkulieren. Die Zirkulation des Kühlwassers führt zu einem Wärmetausch in den Brennstoffzellen 20, wodurch die interne Temperatur der Brennstoffzellen 20 auf oder unter einem vorbestimmten Pegel gehalten wird. Die Massenströmungssteuerungseinrichtung steuert wie vorstehend beschrieben den Druck und die Strömung des den Brennstoffzellen 20 zugeführten gasförmigen Brennstoffs. Obwohl die Brennstoffzellen 20 und die Hilfsmaschinerie 34 in dem Blockschaltbild gemäß Fig. 1 unabhängig voneinander dargestellt sind, können die Einrichtungen bezüglich der Steuerung des Betriebszustandes der Brennstoffzellen 20 als Peripherieeinrichtungen der Brennstoffzellen 20 betrachtet werden. Die Hilfsmaschinerie 34 weist außerdem interne Elemente auf, die nicht den Betrieb der Brennstoffzellen 20 betreffen, beispielsweise ein Raumlicht, ein Radio und eine Klimaanlage. Die Leistungsaufnahme einer derartigen Hilfsmaschinerie 34 beträgt maximal 5 KW, was deutlich geringer als die Leistungsaufnahme des Motors 32 ist und geringe Variationen aufweist.

Der Gleichrichter 36 wandelt die ausgegebenen Spannungen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 um und legt die umgewandelte Spannung an

die Hilfsmaschinerie 34 an. Die zum Antrieb des Motors 32 erforderliche Spannung beträgt im allgemeinen 200 V bis 300 V, wobei die entsprechende Spannung aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 ausgegeben wird. Demgegenüber beträgt die zum Betrieb der Hilfsmaschinerie 34 wie der Wasserpumpe erforderliche Spannung lediglich etwa 12 V. Dementsprechend ist es unmöglich, die aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 ausgegebene Spannung direkt anzulegen. Somit verringert der Gleichrichter 36 die Spannung.

Der Fahrer des Fahrzeugs mit dem daran angebrachten Energieversorgungssystem 10 bedient die Startereinheit 40 zum Starten oder Stoppen des Energieversorgungssystems 10. Die Startereinheit 40 ist beispielsweise als ein in der Nähe des Fahrersitzes angebrachter vorbestimmter Startschalter angeordneter aufgebaut.

Das erste Relais 38 ist an einer vorbestimmten Position in dem das Energieversorgungssystem 10 aufbauenden Stromkreis angeordnet und weist einen Kontakt zum Öffnen und Schließen des Stromkreises auf. Das Relais 38 ist mit der Steuerungseinheit 50 verbunden. Wenn der Fahrer eine Anweisung zum Start des Energieversorgungssystems 10 über die Startereinheit 40 gibt, bewirkt die Steuerungseinheit 50, daß das Relais 42 eine Verbindung in dem die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 mit dem Motor 32 und der Hilfsmaschinerie 34 verbindenden Stromkreis ausführt. Wenn der Fahrer eine Anweisung zum Stop des Energieversorgungssystems 10 über die Startereinheit 40 gibt, veranlaßt demgegenüber die Steuerungseinheit 50, daß das Relais 38 die Verbindung in dem Stromkreis unterbricht.

Die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 mißt die Restladung der Speicherbatterie 30 und ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel durch eine Aufladungszustandsmeßeinrichtung (SOC-Meter, state of charge meter) verwirklicht. Die Aufladungszustands-Meßeinrichtung sammelt die Werte elektrischen Stroms und die Zeitdauer des Aufladens und Entladens bei der Speicherbatterie 30, wobei die Steuerungseinheit 50 die Restladung der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage der gesammelten Werte berechnet. Die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 kann durch einen Spannungssensor anstelle der Aufladungszustands-Meßeinrichtung verwirklicht sein. Die Speicherbatterie 30 verringert mit Verringerung der Restladung die Spannung. Der Spannungssensor zieht aus dieser Eigenschaft einen Vorteil und mißt die Spannung zur Erfassung der Restladung der Speicherbatterie 30. Der Spannungssensor ist mit der Steuerungseinheit 50 verbunden. Die Beziehung zwischen der durch den Spannungssensor gemessenen Spannung und der Restladung ist vorab in der Steuerungseinheit 50 gespeichert. Die Steuerungseinheit 50 bestimmt somit die Restladung auf der Grundlage des Meßeingangssignals aus dem Spannungssensor. Als ein weiteres Beispiel kann die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 eine Einrichtung zur Messung der Dichte einer elektrolytischen Lösung in der Speicherbatterie 30 zur Erfassung der Restladung sein.

Das zweite Relais 46 ist in dem Stromkreis angeordnet, der den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34 parallel zu den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 verbindet, und weist einen Kontakt zum Öffnen und Schließen des Stromkreises auf, damit der Motor 32 mit den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 verbunden und davon getrennt wird. Die Steuerungseinheit 50 steuert die Verbindung bzw. das Schalten des Relais 46. Das Relais 46 ist in die Aus-Position gesetzt,

während das Energieversorgungssystem 10 gestoppt ist. Bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 wird dementsprechend die aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 abgegebene elektrische Leistung nicht an dem Motor 32 abgegeben, wohingegen sie an die Hilfsmaschinerie 34 angelegt wird. Das Relais 46 ist in die Ein-Position gesetzt, wenn der Motor 32 gleichmäßig nach einem Start des Energieversorgungssystems 10 angetrieben werden kann, das heißt, wenn das Aufwärmen der Brennstoffzellen 20 abgeschlossen ist oder wenn die Speicherbatterie 30 einen vorbestimmten Aufladungszustand erreicht hat.

Die Steuerungseinheit 50 ist als eine Arithmetik- und Logikschaltung mit einem Mikrocomputer aufgebaut und weist eine Zentraleinheit (CPU) 52, einen Festspeicher (ROM) 54, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 56 sowie einen Eingabe-/Ausgabeanschluß 58 auf. Die Zentraleinheit 52 führt verschiedene arithmetische Operationen entsprechend den voreingestellten Steuerungsprogrammen aus. Für die verschiedenen durch die Zentraleinheit 52 ausgeführten arithmetischen Operationen erforderliche Steuerungsprogramme und Steuerungsdaten sind vorab in dem Festspeicher 54 gespeichert. Verschiedene für die durch die Zentraleinheit 52 ausgeführten arithmetischen Operationen erforderliche Daten werden zeitweilig in den Speicher mit wahlfreiem Zugriff 56 geschrieben und daraus gelesen. Der Eingabe-/Ausgabeanschluß 58 empfängt Erfassungssignale aus verschiedenen Sensoren wie der Restladungsüberwachungseinrichtung 42 und gibt Ansteuerungssignale an verschiedene Betätigungsglieder einschließlich des Relais 46 entsprechend den Ergebnissen der arithmetischen Operationen durch die Zentraleinheit 52 aus, wodurch der Antriebszustand der jeweiligen Elemente des Energieversorgungssystems 10 gesteuert wird.

Gemäß Fig. 1 stellen zwischen der Steuerungseinheit 50 und den Brennstoffzellen 20 übertragene Signale die Steuerung bezüglich dem Antriebszustand der Brennstoffzellen 20 oder genauer die Steuerung bezüglich Vorgängen jeweiliger Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60 dar. Wie vorstehend beschrieben, weisen die anderen durch die Steuerungseinheit 50 ausgeführten Steuerungsvorgänge die Ausgabe von Ansteuerungssignalen an den Luftkompressor 66 und die Massenstromssteuerungseinrichtung zur Steuerung der Strömungen des oxidierenden Gases und des gasförmigen Brennstoffs, die Steuerung der dem Reformer 64 zugeführten Mengen von Methanol und Wasser sowie die Steuerung der Brennstoffzellen 20 und des Reformers 64 auf.

Eine Diode 44 ist in dem Stromkreis angeordnet, der die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 parallel zueinander verbindet, und verhindert, daß der elektrische Strom entgegengesetzt in die Brennstoffzellen 20 fließt. Wie nachstehend beschrieben, hängen Aufladung und Entladung der Speicherbatterie 30 von deren Aufladungszustand und der Größe der angeschlossenen Belastung ab. Entsprechend diesen Bedingungen kann die Speicherbatterie 30 die elektrische Leistung an die Belastung abgeben oder durch die Brennstoffzellen 20 aufgeladen werden. Die Brennstoffzellen 20 geben demgegenüber lediglich entsprechend der Größe der angeschlossenen Belastung und den Strömungen der zugeführten Gase die elektrische Leistung an die Belastung ab und weisen keine Funktion zur Energiespeicherung auf. Die Diode 44 verhindert einen entgegengesetzten Fluß elektrischen Stroms, der Probleme bei den Zellreaktionen verursacht.

Das auf diese Weise aufgebaute Energieversorgungssystem 10 arbeitet in der nachstehend beschriebenen Weise. Nachstehend sind die Ausgangsleistungen aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 beschrieben. Wenn der Fahrer den bei der Startereinheit 40 des Energieversorgungssystems 10 enthaltenen vorbestimmten Startschalter einschaltet, gibt die Steuerungseinheit 50 ein Ansteuersignal zur Ansteuerung des Relais 38 und zur Verbindung des Kontakts des Relais 38 aus, wobei somit das Aufwärmen der Brennstoffzellen 20 gestartet wird, während die Aufladung oder die Entladung der Speicherbatterie 30 gestartet wird.

Zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 haben die Brennstoffzellen 20 noch nicht eine vorbestimmte Betriebstemperatur erreicht und können somit keine zum Antrieb des Motors 32 ausreichende Leistung abgeben. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel geben beim Start des Energieversorgungssystems 10 die Brennstoffzellen 20 lediglich die elektrische Leistung zum Aufwärmen an die Hilfsmaschinerie 34 ab, die die Belastung in einer Größe in einem vorbestimmten Bereich darstellt. Wenn die Brennstoffzellen 20 in dem unzureichenden Aufwärmzustand einer großen Belastung ausgesetzt werden, kann ein übermäßiger Fluß elektrischen Stroms einen Spannungsabfall oder andere Probleme verursachen. Der Aufbau gemäß diesem Ausführungsbeispiel ermöglicht, daß die Brennstoffzellen 20 den Aufwärmvorgang starten und den elektrischen Strom mit einer Größe in einem vorbestimmten Bereich abgeben. Die Brennstoffzellen 20 erreichen den stationären Zustand durch diesen Aufwärmvorgang. Nachdem die Brennstoffzellen 20 den stationären Zustand erreicht haben, wird der Kontakt des Relais 46 zur Herstellung einer Verbindung eingeschaltet, die ermöglicht, daß die Brennstoffzellen 20 die Abgabe elektrischer Leistung an den Motor 32 starten.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das Ausgangskennlinien der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 zeigt. Die Brennstoffzellen 20 geben große Spannungen in dem Zustand einer kleinen Belastung, das heißt in dem Zustand eines kleinen ausgegebenen Stroms, aus und verringern bei einem Anstieg des elektrischen Stroms die Spannung. Die Speicherbatterie 30 kann die Spannung über einen breiten Bereich des elektrischen Stroms innerhalb eines vorbestimmten engen Bereichs halten, variiert jedoch die Spannung entsprechend deren Aufladungszustand. Fig. 4 zeigt die Ausgangskennlinien der Speicherbatterie 30 sowohl in dem ausreichenden Aufladungszustand als auch in dem unzureichenden Aufladungszustand.

In dem Fall, daß das Energieversorgungssystem 10 in dem ausreichenden Aufladungszustand der Speicherbatterie 30 startet, geben sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Energie an die Hilfsmaschinerie 34 ab. Dabei stellt It1 den zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 erforderlichen gesamten elektrischen Strom dar. Unter diesen Bedingung wird der elektrische Strom aus den Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 entnommen. Da die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und der Motor 32 parallel zueinander geschaltet sind, weisen sie eine gleiche Spannung an den Anschlüssen auf, die als V1 ausgedrückt ist. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 4 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF1 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene Strom IB1 der Speicherbatterie 30 die Gleichung $It1 = IF1 + IB1$.

In dem Fall, daß das Energieversorgungssystem 10 in

dem unzureichenden Aufladungszustand der Speicherbatterie 30 startet, geben demgegenüber die Brennstoffzellen 20 die elektrische Leistung an die Hilfsmaschinerie 34 ab, während sie die Speicherbatterie 30 laden. In diesem Zustand ist der zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 erforderliche elektrische Gesamtstrom unverändert und auf It1 fest eingestellt, wobei die Brennstoffzellen 20, die Speicherbatterie 30 und die Hilfsmaschinerie 34 weiterhin eine identische Spannung an den Anschlüssen aufweisen, die als V2 ausgedrückt ist. Auf der Grundlage des Diagramms gemäß Fig. 4 erfüllen der ausgegebene elektrische Strom IF2 der Brennstoffzellen 20 und der ausgegebene Strom IB2 der Speicherbatterie 30 die Gleichung $It1 = IF2 + IB2$, wobei $IB2 < 0$ gilt.

Beim Start des Energieversorgungssystems 10 wird die Speicherbatterie 30 entsprechend deren Aufladungszustand entweder aufgeladen oder entladen. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 in dem ausreichenden Aufladungszustand ist, wird die Hilfsmaschinerie 34 durch sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 angetrieben. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 in dem unzureichenden Aufladungszustand ist, müssen demgegenüber die Brennstoffzellen 20 die elektrische Leistung nicht nur zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 sondern auch zum Aufladen der Speicherbatterie 30 abgeben. Während die zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 erforderliche elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich gehalten wird, wird der Ausgangszustand der Brennstoffzellen 20 wesentlich durch den Aufladungszustand der Speicherbatterie 30 zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 variiert.

Zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 erfaßt der Aufbau gemäß dem Ausführungsbeispiel den Aufladungszustand der Speicherbatterie 30, bestimmt die Betriebsbedingungen der Brennstoffzellen 20 entsprechend dem erfaßten Zustand der 30 entsprechend dem erfaßten Zustand der Speicherbatterie 30 und steuert genau die Strömungen der den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gase. Die beim Start des Energieversorgungssystems 10 ausgeführte Steuerung der Betriebsbedingungen der Brennstoffzellen 20 folgt einer in einem Flußdiagramm gemäß Fig. 5 dargestellten Startzeitpunkt-Verarbeitungsroutine nach. Die Zentraleinheit 52 führt diese Routine aus, wenn der bei der Startereinheit 40 enthaltene vorbestimmte Startschalter eingeschaltet wird.

Wenn das Programm in die Routine gemäß Fig. 5 eintritt, liest die Zentraleinheit 52 bei einem Schritt S100 zunächst die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 erfaßte Restladung der Speicherbatterie 30. Das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel weist eine Aufladungszustands-Meßeinrichtung (ein SOC-Meter) als Restladungsüberwachungseinrichtung 42 auf. Die Aufladungszustands-Meßeinrichtung bestimmt die gegenwärtige Restladung der Speicherbatterie 30 aufgrund vergangener Daten bezüglich Aufladungs- und Entladungsbedingungen der Speicherbatterie 30.

Bei einem darauffolgenden Schritt S110 sagt die Zentraleinheit 52 den Antriebszustand bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 auf der Grundlage der bei dem Schritt S100 eingegebenen Restladung voraus. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 geringer als ein vorbestimmter Pegel ist, geben die Brennstoffzellen 20 elektrische Leistung sowohl an die Hilfsmaschinerie 34 als auch an die Speicherbatterie 30

zum Aufladen der Speicherbatterie 30 ab. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie nicht geringer als der vorbestimmte Pegel ist, geben beim Start des Energieversorgungssystems 10 sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung an die Hilfsmaschinerie 34 ab.

Der größte Teil der zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 angetriebenen Hilfsmaschinerie 34 betrifft den Betrieb der Brennstoffzellen 20. Die zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 erforderliche elektrische Leistung wird in einem vorbestimmten Bereich gehalten. Wie vorstehend im Zusammenhang mit dem Diagramm gemäß Fig. 4 beschrieben, schätzt die Zentraleinheit 52 die ausgegebenen elektrischen Ströme der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage der bekannten Gesamtbelastung (des zum Antrieb der Hilfsmaschinerie 34 erforderlichen gesamten elektrischen Stroms) und der Restladung der Speicherbatterie 30 (den Ausgangseigenschaften gemäß der Restladung). In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 geringer als der vorbestimmte Pegel ist, müssen die Brennstoffzellen 20 elektrische Leistung nicht nur an die Hilfsmaschinerie 34 sondern auch an die Speicherbatterie 30 abgeben und haben deshalb einen höheren Schätzwert des ausgegebenen elektrischen Stroms. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 nicht geringer als der vorbestimmte Pegel ist, geben demgegenüber sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung an die Hilfsmaschinerie 34 ab, wobei die Brennstoffzellen 20 dementsprechend einen geringeren Schätzwert des ausgegebenen elektrischen Stroms haben.

Das Programm schreitet dann zu einem Schritt S120 zur Bestimmung der Gasmengen voran, die die Brennstoffzellen 20 zur Ausführung der Energieerzeugung entsprechend dem vorhergesagten Antriebszustand (das heißt, dem geschätzten ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20) bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 benötigen. Die Brennstoffzellen 20 erzeugen eine elektromotorische Kraft durch die elektrochemischen Reaktionen. Eine der Größe der angeschlossenen Belastung entsprechende Zufuhr ausreichender Gasmengen sowohl an die Anoden als auch an die Kathoden ermöglicht, daß die Brennstoffzellen 20 den erforderlichen Betrag der elektrischen Leistung abgeben. Die Beziehung zwischen den Gaszufuhrmengen und der Menge bzw. Höhe der Energieerzeugung ist vorab in der Steuerungseinheit 50 gespeichert. Dies ermöglicht, daß die erforderlichen Gasmengen leicht entsprechend dem bei dem Schritt S110 geschätzten ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20 ausgegeben werden. Eine tatsächliche Verarbeitung erhält die mit einem vorbestimmten Überschußbetrag multiplizierten theoretisch erforderlichen Gasmengen. Vor einem Start des Energieversorgungssystems 10 ist die Temperatur der Brennstoffzellen 20 niedriger als eine vorbestimmte Betriebstemperatur. Die Energieerzeugung durch die Brennstoffzellen 20 auf der Grundlage der elektrochemischen Reaktionen wird durch die Temperatur beeinflusst. Eine vorzuziehende Verarbeitung mißt dementsprechend die innere Temperatur der Brennstoffzellen 20 und korrigiert die erforderlichen, den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen auf der Grundlage der beobachteten Temperatur.

Nach Bestimmung der erforderlichen, den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen schreitet das

Programm zu einem Schritt S130 zum Start des Energieversorgungssystems 10 unter den bestimmten Bedingungen voran. Zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 gibt die Steuerungseinheit 50 Ansteuerungssignale an die jeweiligen Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60 zur Ermöglichung einer Zufuhr der bestimmten Gasströmungen zu den Brennstoffzellen 20 aus, während ein Signal zu dem Relais 38 zum Schließen des Stromkreises und zum Start einer elektrischen Leistungsabgabe an die Hilfsmaschinerie 34 ausgegeben wird.

Bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 erfaßt der Aufbau gemäß dem Ausführungsbeispiel die Restladung der Speicherbatterie 30, schätzt die Stärke des ausgegebenen elektrischen Stroms der Brennstoffzellen 20 auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses, führt die erforderlichen Gasmengen entsprechend der geschätzten Größe des elektrischen Stroms den Brennstoffzellen 20 zu und verbindet die Belastung mit den Brennstoffzellen 20. Wenn das Energieversorgungssystem 10 startet, verhindert dieser Aufbau, daß die Brennstoffzellen 20 aufgrund der unzureichenden Restladung der Speicherbatterie 30 einer unerwartet hohen bzw. übermäßigen Belastung ausgesetzt werden. Die übermäßige Belastung verursacht, daß die Brennstoffzellen 20 lediglich unzureichende Gasmengen empfangen, was zu Problemen wie einem Spannungsabfall, einem Polwechsel und einer teilweisen Wärmeabgabe führen kann. In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 eine ausreichende Restladung zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 hat, geben sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung ab. In diesem Fall müssen die Brennstoffzellen 20 einen geringeren Betrag elektrischer Leistung abgeben. Der Aufbau gemäß diesem Ausführungsbeispiel verhindert wirksam, daß übermäßige Gasmengen unnötig den Brennstoffzellen 20 zugeführt werden. Dieser Aufbau verhindert ebenfalls, daß übermäßige Gasmengen den Brennstoffzellen 20 zugeführt werden, um gegen die möglicherweise unzureichende Restladung der Speicherbatterie 30 bei einem Start des Energieversorgungssystems 10 vorzugehen.

Der Aufbau gemäß dem Ausführungsbeispiel, der die erforderlichen Gasmengen beim Start des Energieversorgungssystems 10 schätzt und genau die erforderlichen Gasmengen den Brennstoffzellen 20 zuführt, übt die folgenden Wirkungen aus. Der den Kathoden der Brennstoffzellen 20 zugeführte gasförmige Brennstoff wird durch Reformierung von Methanol aufbereitet, das vorab an dem elektrischen Fahrzeug 15 mit dem Energieversorgungssystem 10 angeordnet wird. Ein unnötiger Verbrauch des gasförmigen Brennstoffs führt zu einem unnötigen Verbrauch von Methanol. Die mögliche Fahrdistanz des elektrischen Fahrzeugs hängt von der bei dem elektrischen Fahrzeug angeordneten Methanolmenge ab. Ein derart unnötiger bzw. verschwenderischer Verbrauch des Methanols führt dementsprechend zu einer Verknappung der möglichen Fahrdistanz des elektrischen Fahrzeugs bei jeder Brennstoffzufuhr. Das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel verhindert zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 einen die mögliche Fahrdistanz des elektrischen Fahrzeugs 15 verkürzenden unnötigen Verbrauch des Brennstoffs.

Als das oxidierende Gas wird die Luft aufgenommen und den Anoden der Brennstoffzellen 20 zugeführt. In diesem Fall führt ein unnötiger Verbrauch der Luft zu einer Verschwendung der zur Zufuhr der Luft zu den

Brennstoffzellen 20 erforderlichen elektrischen Leistung. Wie vorstehend beschrieben wird die Luft (das oxidierende Gas) durch den Luftkompressor 66 komprimiert, bevor es den Anoden zugeführt wird. Die zum Antrieb des Luftkompressors 66 erforderliche elektrische Leistung wird durch die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 abgegeben. Eine übermäßige Zufuhr des oxidierenden Gases führt somit zu einer Verschwendung der zum Antrieb des Luftkompressors 66 verbrauchten elektrischen Leistung. Das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel führt den Brennstoffzellen 20 genau die erforderliche Menge des oxidierenden Gases entsprechend dem vorhergesagten Antriebszustand zu, wodurch verhindert wird, daß ein übermäßiger Betrag elektrischer Leistung unnötig zum Antrieb des Luftkompressors 66 verbraucht wird.

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird die Restladung der Speicherbatterie 30 überprüft und die den Brennstoffzellen 20 zugeführten erforderlichen Gasmengen auf der Grundlage der Restladung der Speicherbatterie 30 vor dem Start des Energieversorgungssystems 10 bestimmt. Die auf der Restladung der Speicherbatterie 30 beruhende Steuerung der Gaszufuhr wird ebenfalls vorzugsweise während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 ausgeführt. Nachstehend ist die Steuerung der Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 als ein zweites Ausführungsbeispiel beschrieben. Wie gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel das an dem elektrischen Fahrzeug 15 angebrachte Energieversorgungssystem 10 betrachtet. Der Aufbau des Energieversorgungssystems 10 ist nachstehend somit nicht extra beschrieben.

Während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10 wird der Aufladungs- und Entladungszustand der Speicherbatterie 30 entsprechend der Größe der Belastung oder genauer entsprechend der Antriebsgröße des an dem elektrischen Fahrzeug 15 angebrachten Motors 32 variiert. Da die Brennstoffzellen 20 und die Speicherbatterie 30 parallel zueinander geschaltet sind, verursacht ein Anstieg der Antriebsgröße des Motors 32, daß sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung an die Belastung abgeben. Unter derartigen Bedingungen gibt die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung ab bzw. wird entladen, so daß die Restladung der Speicherbatterie 30 sinkt. Eine Verringerung bei der Antriebsgröße des Motors 32 verursacht demgegenüber, daß die Brennstoffzellen 20 elektrische Leistung nicht nur an den Motor 32, sondern auch an die Speicherbatterie 30 abgeben. Unter derartigen Bedingungen wird die Speicherbatterie 30 mit der abgegebenen elektrischen Leistung derart aufgeladen, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 regeneriert wird.

Eine Erhöhung der Belastung, beispielsweise wenn das Fahrzeug eine Schräge hinauf fährt, erhöht die Ausgangsleistung sowohl der Brennstoffzellen 20 als auch der Speicherbatterie 30 und verringert dadurch die Restladung der Speicherbatterie 30. Unter der Bedingung, daß die Speicherbatterie 30 eine verringerte Restladung aufweist, kann in dem Fall, daß die Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen mit einer Verringerung bei der Belastung verringert werden, eine Verknappung bei den Gasen in den Brennstoffzellen 20 auftreten. Wenn die Belastung auf oder unter einem vorbestimmten Pegel sinkt, starten die Brennstoffzellen

20 die Abgabe elektrischer Leistung an sowohl die Speicherbatterie 30 als auch die Belastung. Die erforderlichen Gasmengen sollten dementsprechend der sowohl der Belastung als auch der Speicherbatterie 30 zugeführten elektrischen Leistung entsprechen. Das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mißt den Aufladungszustand der Speicherbatterie 30 und die Größe der Belastung zu vorbestimmten Zeitintervallen und steuert die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen entsprechend den Meßergebnissen. Die Steuerung des den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gases folgt einer in einem Flußdiagramm gemäß Fig. 6 gezeigten Verarbeitungsroutine bei Betrieb. Diese Routine wird durch die Zentraleinheit 52 bei vorbestimmten Zeitintervallen, beispielsweise jede 1 s, nach dem Start des Energieversorgungssystems 10 ausgeführt.

Wenn das Programm in die Routine gemäß Fig. 6 eintritt, liest die Zentraleinheit 52 bei einem Schritt S200 zunächst die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 erfaßte Restladung der Speicherbatterie 30. Wie gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel weist das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel eine Aufladungszustands-Meßeinrichtung (ein SOC-Meter) als Restladungsüberwachungseinrichtung 42 auf. Die Aufladungszustands-Meßeinrichtung bestimmt die gegenwärtige Restladung der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage vergangener Daten bezüglich der Aufladungs- und Entladungsbedingungen der Speicherbatterie 30.

Die Zentraleinheit 52 liest daraufhin bei einem Schritt S210 den Gesamtbetrag der Belastung, die eine elektrische Leistung aus dem Energieversorgungssystem 10 aufnimmt. Eine konkrete Verarbeitung mißt die durch den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34 aufgenommene elektrische Leistung. Die jeweiligen Bestandteile der Hilfsmaschinerie 34 nehmen bei Betrieb einen im wesentlichen fest eingestellten Betrag elektrischer Leistung auf. Somit kann die gesamte aufgenommene elektrische Leistung auf der Grundlage der Informationen bezüglich der sich gerade in Betrieb befindenden Einrichtungen berechnet werden. Wie vorstehend beschrieben, betrachten die Brennstoffzellen 20 die Speicherbatterie 30 beim Aufladen der Speicherbatterie 30 als Belastung. Der Einfachheit halber bezieht sich die Belastung lediglich auf den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34.

Nach dem Lesen der Daten bezüglich der Restladung der Speicherbatterie 30 und dem Gesamtbetrag der Belastung schätzt die Zentraleinheit 52 bei einem Schritt S220 die Ausgangsleistungen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30. Die Ausgangsleistungen der Brennstoffzellen 20 und der Speicherbatterie 30 hängen von der Restladung der Speicherbatterie 30 und dem Gesamtbetrag der Belastung ab. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 nicht größer als ein vorbestimmter Pegel ist und der Gesamtbetrag der Belastung relativ gering ist, geben die Brennstoffzellen 20 elektrische Leistung sowohl an die Speicherbatterie 30 als auch an die angeschlossene Belastung ab. Der geschätzte ausgegebene elektrische Strom der Brennstoffzellen 20 wird dementsprechend höher als der für den Gesamtbetrag der Belastung. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet die Speicherbatterie 30 gegenüber den Brennstoffzellen 20 als Belastung. In dem Fall, daß die Restladung der Speicherbatterie 30 größer als ein vorbestimmter Pegel ist, geben demgegenüber sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung an die Belastung ab. Der geschätz-

te ausgegebene elektrische Strom der Brennstoffzellen 20 wird dementsprechend kleiner als der für den Gesamtbetrag der Belastung.

Das Programm schreitet daraufhin zu einem Schritt S230 zur Bestimmung der Gasmengen voran, die die Brennstoffzellen 20 zur Ausführung der Energieerzeugung entsprechend dem vorhergesagten Antriebszustand (das heißt, dem geschätzten ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20) benötigen. Die Brennstoffzellen 20 erzeugen eine elektromotorische Kraft durch die elektrochemischen Reaktionen. Eine Zufuhr ausreichender Gasmengen, die der Größe der angeschlossenen Belastung entspricht, sowohl zu den Anoden als auch den Kathoden ermöglicht, daß die Brennstoffzellen 20 den erforderlichen Betrag elektrischer Leistung ausgeben. Die Beziehung zwischen den Gaszufuhrmengen und der Größe der Energieerzeugung ist vorab in der Steuerungseinheit 50 gespeichert. Dies ermöglicht, daß die erforderlichen Gasmengen leicht entsprechend dem bei dem Schritt S220 geschätzten ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20 bestimmt werden. Eine tatsächliche Verarbeitung erhält die theoretisch erforderlichen Gasmengen multipliziert mit einem vorbestimmten Überschußbetrag.

Nach Bestimmung der den Brennstoffzellen 20 zugeführten erforderlichen Gasmengen schreitet das Programm zu einem Schritt S240 zur tatsächlichen Steuerung der Gasströmungen entsprechend den bestimmten Bedingungen voran. Das Programm verläßt dann diese Routine. Entsprechend einer konkreten Verarbeitung gibt die Steuerungseinheit 50 Ansteuersignale an die jeweiligen Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60 aus, damit die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen auf vorbestimmte Pegel korrigiert werden.

Die Energieversorgungssystem 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel liest die Restladung der Speicherbatterie 30 und die Größe der angeschlossenen Belastung bei vorbestimmten Zeitintervallen während des Betriebs des Energieversorgungssystems 10, schätzt den ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20 auf der Grundlage der eingegebenen Daten und steuert die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen entsprechend dem geschätzten ausgegebenen elektrischen Strom. Selbst wenn ein abrupter Anstieg der Größe der Belastung die Restladung der Speicherbatterie 30 verringert und den Zustand der Speicherbatterie 30 von der Entladungsbedingung auf die Aufladungsbedingung verändert, verhindert der Aufbau gemäß dem Ausführungsbeispiel wirksam die Verknappung der Gase in den Brennstoffzellen 20, die Probleme wie einen Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe verursachen kann.

In dem Fall, daß die Speicherbatterie 30 eine ausreichende Restladung aufweist, geben demgegenüber sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 Leistung ab. In diesem Fall müssen die Brennstoffzellen 20 eine geringere elektrische Leistung abgeben. Der Aufbau gemäß diesem Ausführungsbeispiel verhindert wirksam, daß übermäßige Gasmengen unnötig den Brennstoffzellen 20 zugeführt werden. Dieser Aufbau verhindert ebenfalls, daß übermäßige Gasströmungen den Brennstoffzellen 20 zugeführt werden, um für die Veränderung des Zustands der Speicherbatterie 30 auf die Aufladungsbedingung zu sorgen.

Der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel hält kontinuierlich die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen während des Betriebs des Energie-

versorgungssystems 10 auf den optimalen Pegeln. Eine andere mögliche Verarbeitung bestimmt die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen im Prinzip entsprechend der angeschlossenen Belastung. Lediglich wenn die Speicherbatterie 30 aufgeladen wird und deshalb die Gefahr einer Verknappung der Gase in den Brennstoffzellen 20 besteht, korrigiert dieser Aufbau die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen entsprechend der Restladung der Speicherbatterie 30. Dieser Aufbau ist nachstehend als drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Wie gemäß dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel wird gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel das an dem elektrischen Fahrzeug 15 angebrachte Energieversorgungssystem 10 betrachtet. Der Aufbau des Energieversorgungssystems 10 ist somit nachstehend nicht extra beschrieben.

Bei dem Energieversorgungssystem 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel folgt die Steuerung der Gaszufuhr zu den Brennstoffzellen 20 einer in einem Flußdiagramm gemäß Fig. 7 gezeigten Verarbeitungsroutine bei Betrieb nach. Diese Routine wird durch die Zentraleinheit 52 bei vorbestimmten Zeitintervallen, beispielsweise jede 1 s, nach dem Start des Energieversorgungssystems 10 durchgeführt.

Wenn das Programm in die Routine gemäß Fig. 7 eintritt, liest die Zentraleinheit 52 bei einem Schritt S300 zunächst die Gesamtgröße der Belastung, die elektrische Leistung aus dem Energieversorgungssystem 10 aufnimmt. Ein konkrete Verarbeitung mißt die durch den Motor 32 und die Hilfsmaschinerie 34 aufgenommene elektrische Leistung. Die jeweiligen Bestandteile der Hilfsmaschinerie 34 nehmen bei Betrieb einen im wesentlichen fest eingestellten Betrag elektrischer Leistung auf. Die gesamte aufgenommene elektrische Leistung kann somit auf der Grundlage der Informationen bezüglich der sich gerade in Betrieb befindlichen Einrichtungen berechnet werden.

Die Zentraleinheit 52 bestimmt dann bei einem Schritt S310 die den Brennstoffzellen 20 zuzuführenden Gasmengen auf der Grundlage der eingegebenen Daten bezüglich der Gesamtgröße der Belastung. Eine konkrete Verarbeitung schätzt den ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20 auf der Grundlage einer Variation bei der Gesamtgröße der Belastung, die die Summe des Motors 32 und der Hilfsmaschinerie 34 ist, und bestimmt darauffolgend die den Brennstoffzellen 20 zuzuführenden Gasmengen auf der Grundlage des geschätzten ausgegebenen elektrischen Stroms.

Die Zentraleinheit 52 liest darauffolgend bei einem Schritt S320 die durch die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 erfaßte Restladung der Speicherbatterie 30. Wie gemäß dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel weist das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel eine Aufladungszustands-Meßeinrichtung (ein SOC-Meter) als Restladungsüberwachungseinrichtung 42 auf. Die Aufladungszustands-Meßeinrichtung bestimmt die gegenwärtige Restladung der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage vergangener Daten bezüglich Aufladungs- und Entladungsbedingungen der Speicherbatterie 30.

Das Programm schreitet dann zu einem Schritt S330 zur Bestimmung des Aufladungs- und Entladungszustands der Speicherbatterie 30 auf der Grundlage der bei dem Schritt S320 gelesenen Restladung und der bei dem Schritt S300 gelesenen Gesamtgröße der Belastung weiter. In dem Fall einer Bestimmung, daß die Speicherbatterie 30 sich in der Aufladungsbedingung befindet, berechnet die Zentraleinheit 52 die Gesamt-

größe der elektrischen Leistung, von der erwartet wird, daß die Brennstoffzellen 20 diese abgeben, indem der Betrag der zum Aufladen der Speicherbatterie 30 erforderlichen elektrischen Leistung mit in Betracht gezogen wird, und korrigiert die bei dem Schritt S310 bestimmten Gasmengen. Bei einem nachfolgenden Schritt S350 gibt die Steuerungseinheit 50 Ansteuersignale an die jeweiligen Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60 aus und führt die bei dem Schritt S340 korrigierten Gasmengen den Brennstoffzellen 20 zu. Das Programm verläßt dann diese Routine.

In dem Fall einer Bestimmung bei dem Schritt S330, daß die Speicherbatterie 30 sich in der Entladungsbedingung befindet, das heißt, wenn erwartet wird, daß sowohl die Brennstoffzellen 20 als auch die Speicherbatterie 30 elektrische Leistung an die Belastung abgeben, gibt die Steuerungseinheit 50 Ansteuersignale an die jeweiligen Bestandteile der Brennstoffzelleneinheit 60 aus und führt bei dem Schritt S350 die bei dem Schritt S310 bestimmten Gasmengen den Brennstoffzellen 20 zu. Das Programm verläßt dann diese Routine.

Während die Speicherbatterie 30 wie gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel aufgeladen wird, korrigiert das Energieversorgungssystem 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel die den Brennstoffzellen 20 zugeführten Gasmengen. Dieser Aufbau verhindert wirksam, daß eine Abgabe elektrischer Leistung an die Speicherbatterie 30 eine Verknappung der Gase in den Brennstoffzellen 20 bewirkt, die zu Problemen wie ein Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe führen kann.

Gemäß allen vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist das Energieversorgungssystem an einem Fahrzeug angebracht und wird als Energiequelle zum Antrieb des Fahrzeugs verwendet. Die Belastung, an die das Energieversorgungssystem elektrische Leistung abgibt, ist jedoch nicht auf den Motor zum Antrieb des Fahrzeugs beschränkt. Der Aufbau gewährleistet ausreichende Mengen der den Brennstoffzellen bei einem Start oder während des Betriebs des Energieversorgungssystems zugeführten Gasen, wodurch dieselben Wirkungen wie diejenigen gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele ausgeübt werden. Dieser Aufbau führt die erforderlichen Gasmengen den Brennstoffzellen entsprechend der Größe der angeschlossenen Belastung und der Restladung der Speicherbatterie zu, wobei somit die Brennstoffzellen vor Problemen wie ein Spannungsabfall und eine teilweise Wärmeabgabe geschützt werden.

Wie vorstehend beschrieben, weist ein Energieversorgungssystem 10 mit einem Brennstoffzellenstapel 20 und einer Speicherbatterie 30 weist eine Restladungsüberwachungseinrichtung 42 zum Messen der Restladung der Speicherbatterie 30 auf. Zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems 10 erfaßt die Restladungsüberwachungseinrichtung 42 die Restladung der Speicherbatterie 30. Das Energieversorgungssystem 10 schätzt den ausgegebenen elektrischen Strom der Brennstoffzellen 20 auf der Grundlage der beobachteten Restladung der Speicherbatterie 30 und eines für eine Hilfsmaschinerie 34 erforderlichen Betrags elektrischer Leistung und führt auf der Grundlage des geschätzten ausgegebenen elektrischen Stroms den Brennstoffzellen 20 erforderliche Gasmengen zu.

Patentansprüche

1. Energieversorgungssystem mit einem Brenn-

stoffzellenstapel (20) und einer Speicherbatterie (30), die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, gekennzeichnet durch

eine Restladungsüberwachungseinrichtung (42) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie (30),

einer Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer Gesamtgröße der Belastung,

eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung (42) und der Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung,

eine Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung einer erforderlichen Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in dem Brennstoffzellenstapel (20) auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) und eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel.

2. Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel (20) und einer Speicherbatterie (30), die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, gekennzeichnet durch

eine Restladungsüberwachungseinrichtung (42) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie (30),

eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems (10) auf der Grundlage einer vorbestimmten Belastungsgröße, die die durch eine beim Start des Energieversorgungssystems angetriebene Maschinerie (34) aufgenommene elektrische Leistung darstellt, aus der Belastung und dem Ergebnis der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung (42),

eine Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung, die, zumindest wenn die Speicherbatterie (30) sich in einer Aufladungsbedingung befindet, eine erforderliche Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in den Brennstoffzellenstapel auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie bestimmt, und

eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel.

3. Elektrisches Fahrzeug mit einem Motor, der durch elektrische Energie in Drehung versetzt wird, und einer Einrichtung zur Übertragung eines Drehmoments des Motors auf eine Achse, wodurch eine Antriebskraft für das Fahrzeug erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Fahrzeug ein dar-

an angebrachtes Energieversorgungssystem (10) aufweist, wobei das Energieversorgungssystem einen Brennstoffzellenstapel (20) und eine Speicherbatterie (30) aufweist, die zueinander und ebenfalls zu einer den Motor (32) aufweisenden Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben und das Energieversorgungssystem (10), eine Restladungsüberwachungseinrichtung (42) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie (30), eine Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer Gesamtgröße der Belastung, eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung (42) und der Belastungsgröße-Erfassungseinrichtung, eine Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung einer erforderlichen Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in dem Brennstoffzellenstapel (20) auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) und eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel aufweist.

4. Elektrisches Fahrzeug mit einem Motor, der durch elektrische Energie in Drehung versetzt wird, und einer Einrichtung zur Übertragung eines Drehmoments des Motors auf eine Achse, wodurch eine Antriebskraft für das Fahrzeug erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Fahrzeug ein daran angebrachtes Energieversorgungssystem (10) aufweist, wobei das Energieversorgungssystem einen Brennstoffzellenstapel (20) und eine Speicherbatterie (30), die zueinander und ebenfalls zu einer den Motor (32) aufweisenden Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben und das Energieversorgungssystem (10), eine Restladungsüberwachungseinrichtung (42) zur Erfassung einer Restladung der Speicherbatterie (30), eine Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung zum Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) zum Zeitpunkt des Startens des Energieversorgungssystems (10) auf der Grundlage einer vorbestimmten Belastungsgröße, die die durch eine beim Start des Energieversorgungssystems angetriebene Maschinerie (34) aufgenommene elektrische Leistung darstellt, aus der Belastung und dem Ergebnis der Erfassung durch die Restladungsüberwachungseinrichtung (42), eine Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung, die, zumindest wenn die Speicherbatterie (30) sich in einer Aufladungsbedingung befindet, eine erforderliche Menge eines Brennstoffs für die Energieerzeugung in den Brennstoffzellenstapel auf der Grundlage des durch die Aufladungs-/Entladungszustands-Schätzeinrichtung geschätzten

Aufladungs-/Entladungszustand der Speicherbatterie bestimmt, und eine Brennstoffzufuhreinrichtung zur Zufuhr der durch die Brennstoffmengenzufuhr-Bestimmungseinrichtung bestimmten erforderlichen Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel aufweist.

5. Verfahren bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, zur Steuerung einer Menge eines dem Brennstoffstapel zur Energieerzeugung zugeführten Brennstoffs, gekennzeichnet durch die Schritte

(a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie,

(b) Erfassen einer Gesamtgröße der Belastung,

(c) Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) auf der Grundlage der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung und der bei dem Schritt (b) erfaßten Gesamtgröße der Belastung,

(d) Bestimmen einer erforderlichen Menge des Brennstoffs zur Energieerzeugung in den Brennstoffzellen (20) auf der Grundlage des bei dem Schritt (c) geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie und

(e) Zuführen der erforderlichen bei dem Schritt (d) bestimmten Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel.

6. Verfahren bei einem Energieversorgungssystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Speicherbatterie, die zueinander und ebenfalls zu einer Belastung parallel geschaltet sind, wobei der Brennstoffzellenstapel und die Speicherbatterie elektrische Leistung an die Belastung abgeben, zur Steuerung einer Menge eines dem Brennstoffstapel zur Energieerzeugung zugeführten Brennstoffs, gekennzeichnet durch die Schritte

(a) Erfassen einer Restladung der Speicherbatterie,

(b) Schätzen eines Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie (30) zum Startzeitpunkt des Energieversorgungssystems (10) auf der Grundlage einer vorbestimmten Belastungsgröße, die eine durch eine zum Startzeitpunkt des Energieversorgungssystems (10) angetriebene Maschinerie aufgenommene Leistung entspricht, aus der Belastung und der bei dem Schritt (a) erfaßten Restladung,

(c) Bestimmen einer erforderlichen Menge des Brennstoffs zur Energieerzeugung in dem Brennstoffzellen (20) auf der Grundlage des bei dem Schritt (b) geschätzten Aufladungs-/Entladungszustands der Speicherbatterie, zumindest wenn sich die Speicherbatterie (30) in einer Aufladungsbedingung befindet, und

(d) Zuführen der erforderlichen bei dem Schritt (c) bestimmten Menge des Brennstoffs zu dem Brennstoffzellenstapel.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

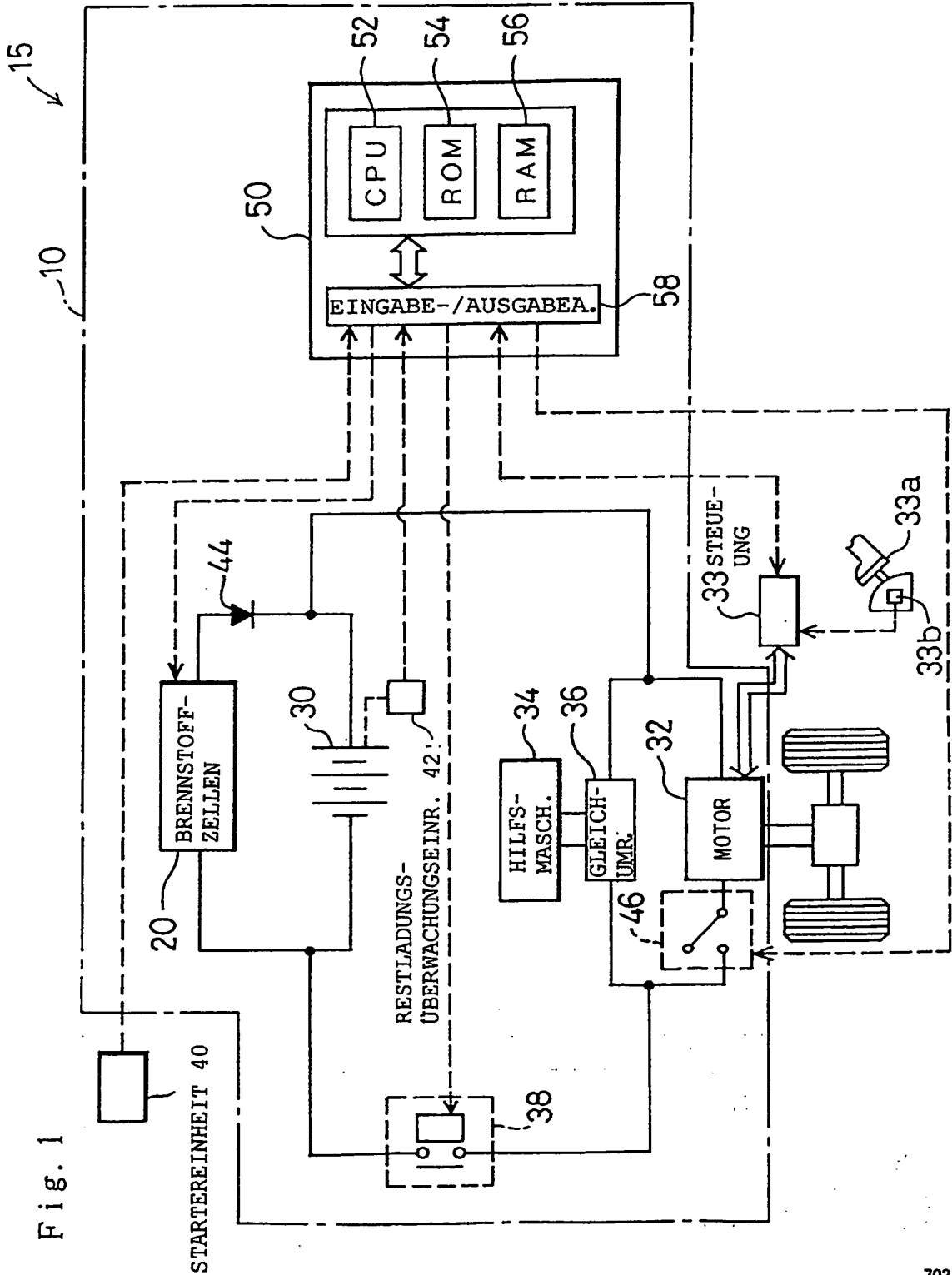


Fig. 2

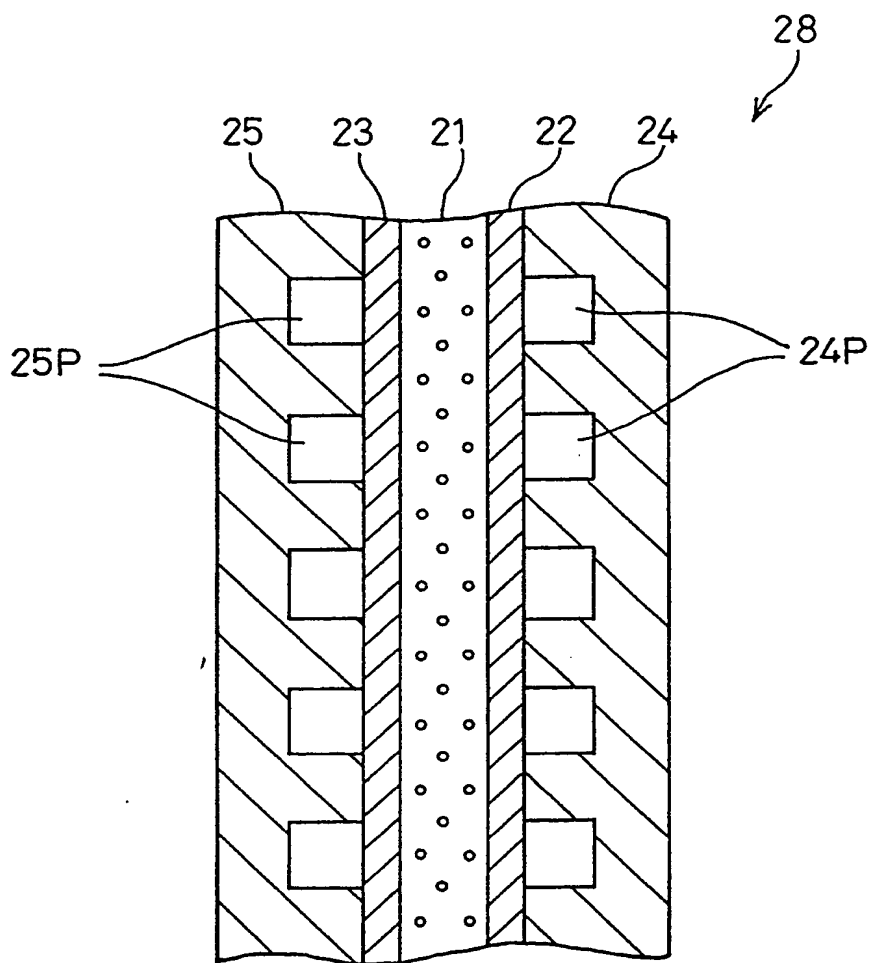


Fig. 3

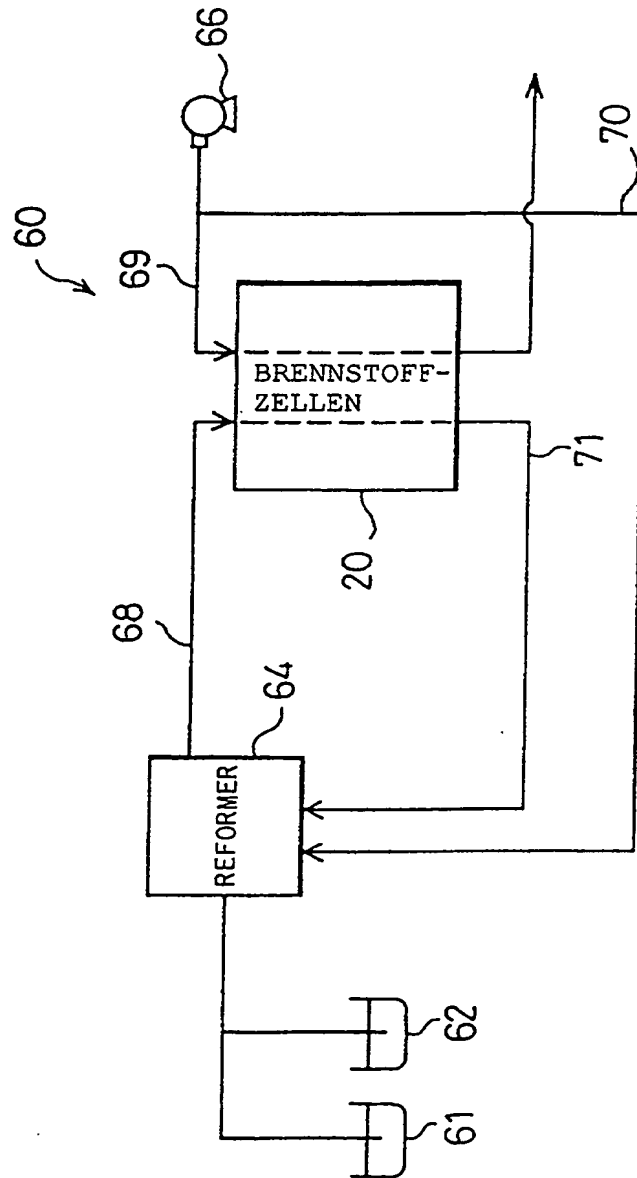


Fig. 4

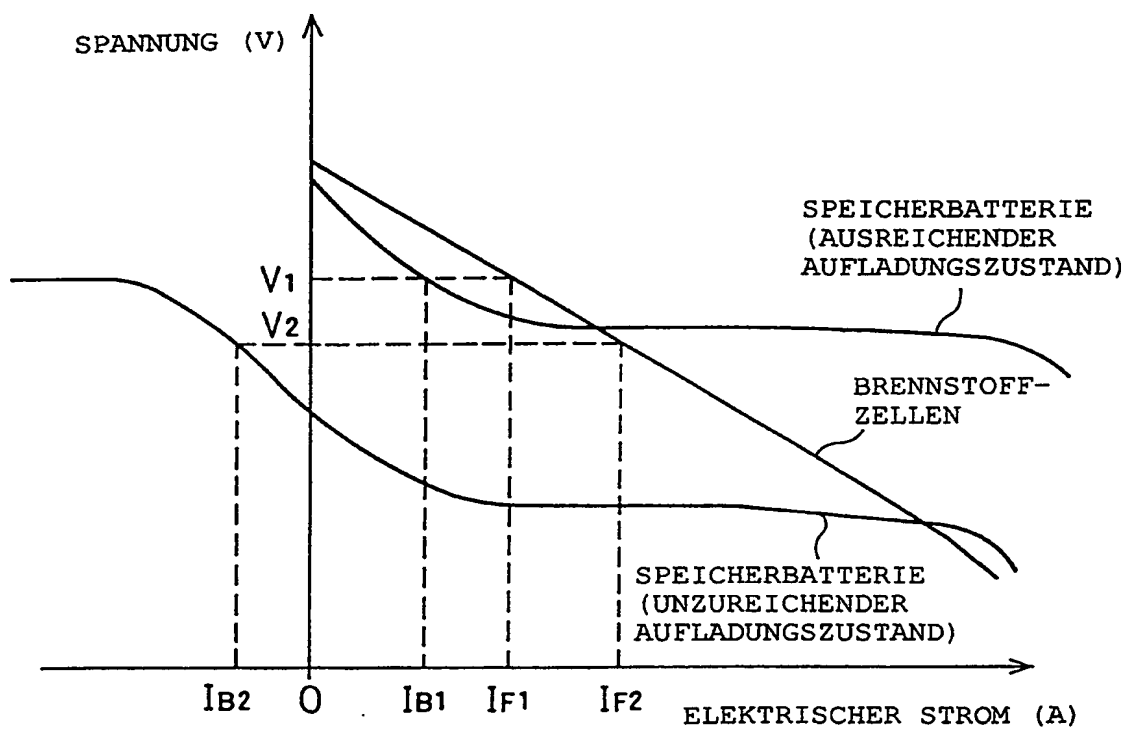


Fig. 5

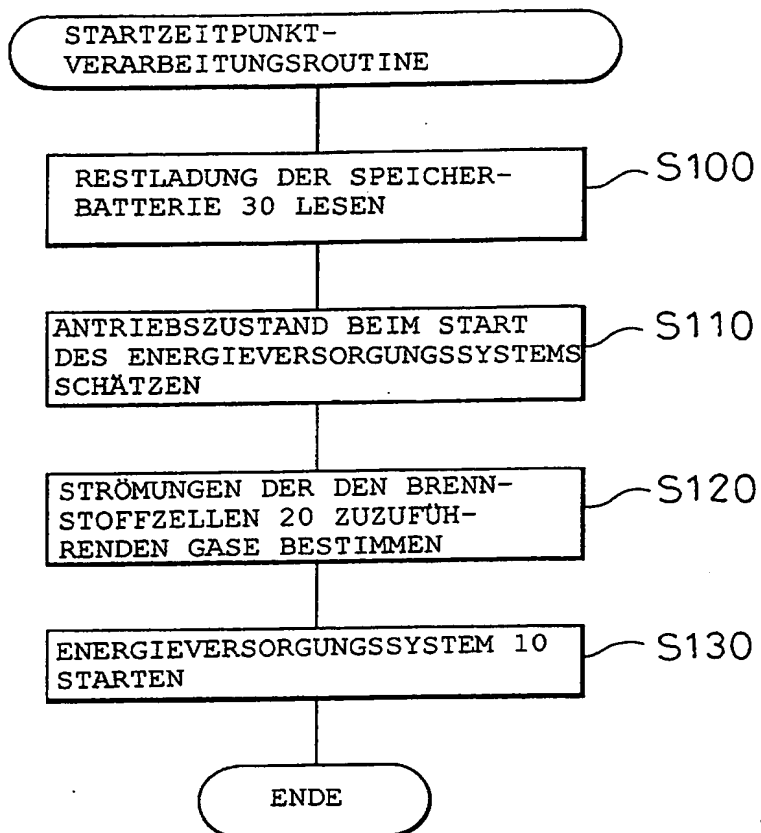


Fig. 6

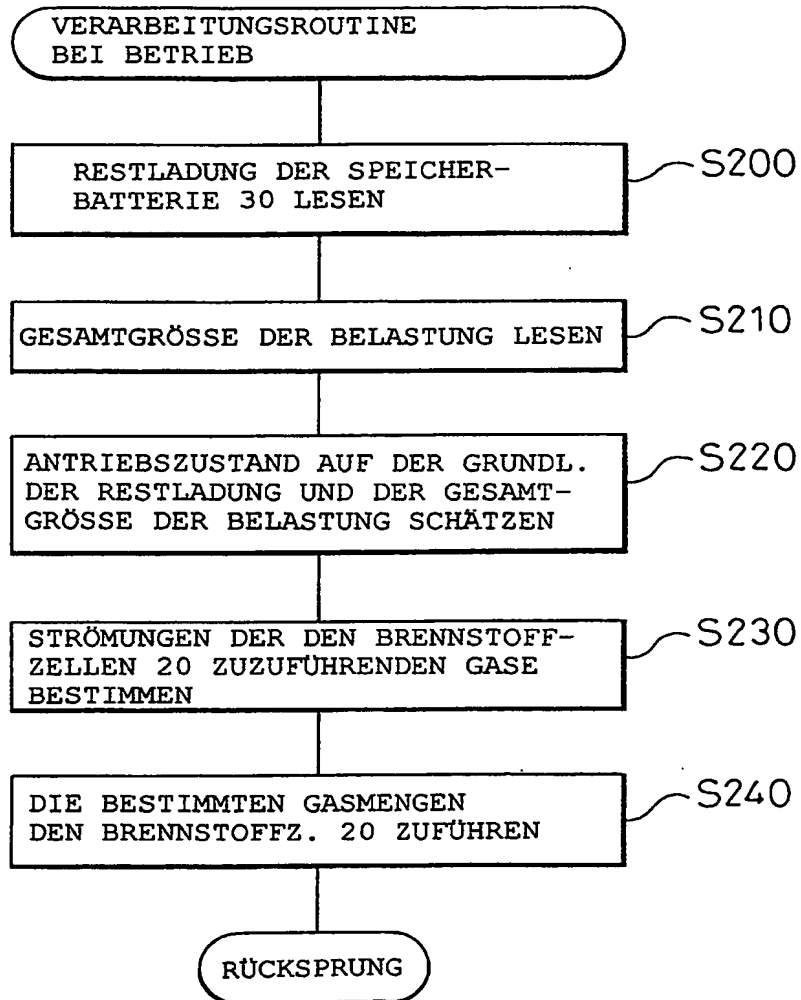


Fig. 7

